

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79606 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 41/083**,
41/053

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, D-70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01671

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Mai 2000 (24.05.2000)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STOECKLEIN, Wolf-
gang** [DE/DE]; Rotbuehlstrasse 118, D-70197 Stuttgart
(DE). **BOECKING, Friedrich** [DE/DE]; Kahlbich 34,
D-70499 Stuttgart (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, HU, JP, KR, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

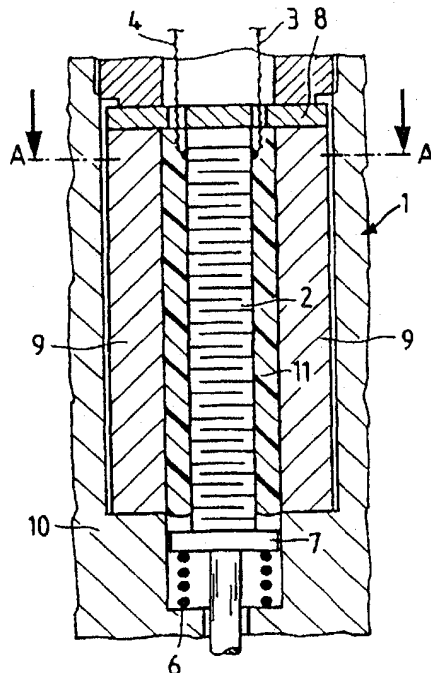
(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

(30) Angaben zur Priorität:
199 28 185.8 19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR WITH MOTION STABILIZATION ELEMENTS

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR MIT ELEMENTEN ZUR BEWEGUNGSSTABILISIERUNG



F_{Nutz} $F_{\text{UTILIZATION}}$
 h_{Nutz} $h_{\text{UTILIZATION}}$

(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator that comprises at least one piezoelectric element (2; 21; 31; 41; 42) that impinges an actuator with a tensile or pressure force. The piezoelectric actuator is further provided with stabilization elements (9; 22), preferably from steel or ceramics, that are mounted in parallel to the piezoelectric element (2; 21; 31; 41; 42), with a flexible plastic intermediate layer (11) interposed between the elements, and that prevent movements transverse to the direction of duty. The piezoelectric element (2; 21; 31; 41; 42) and the stabilization elements (9; 22) have a larger length in their effective direction (z axis) compared to their width that runs transverse to the effective direction (x, y direction).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor vorgeschlagen, bei dem mindestens ein Piezo-
element (2; 21; 31; 41; 42) zur Beaufschlagung
eines Betätigungselements mit einer Zug- oder
Druckkraft vorhanden ist. Es sind weiterhin
Stabilisierungselemente vorzugsweise aus Stahl
oder Keramik (9; 22) angeordnet, die parallel
zum Piezoelement (2; 21; 31; 41; 42) mit einer
zwischen den Elementen liegenden flexiblen
Zwischenschicht (11) aus Kunststoff angebracht
sind, welche Bewegungen quer zur Nutzrichtung
verhindern. Das Piezoelement (2; 21; 31; 41; 42)
und die Stabilisierungselemente (9; 22) weisen
dabei eine in Wirkrichtung (z-Achse) große



O 00/79606 A3

WO 00/79606 A3



Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

**(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts:**

3. Mai 2001

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nat Application No

PCT/DE 00/01671

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L41/083 H01L41/053

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L F16K F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 078 (E-718), 22 February 1989 (1989-02-22) & JP 63 260087 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 27 October 1988 (1988-10-27)	1,2
A	abstract -& JP 63 260087 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 27 October 1988 (1988-10-27) figure 2	6
X	DE 197 15 487 A (SIEMENS AG) 22 October 1998 (1998-10-22) the whole document	1,2
P, X	DE 198 18 068 A (SIEMENS AG) 28 October 1999 (1999-10-28) the whole document	1,2

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 September 2000

Date of mailing of the international search report

20/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-2016

Authorized officer

Könf C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/01671

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 63260087 A	27-10-1988	NONE	
DE 19715487 A	22-10-1998	WO 9847188 A EP 0976166 A	22-10-1998 02-02-2000
DE 19818068 A	28-10-1999	EP 0954037 A JP 11332259 A	03-11-1999 30-11-1999

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01671

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L41/083 H01L41/053

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L F16K F02M

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 078 (E-718), 22. Februar 1989 (1989-02-22) & JP 63 260087 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 27. Oktober 1988 (1988-10-27)	1,2
A	Zusammenfassung -& JP 63 260087 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 27. Oktober 1988 (1988-10-27) Abbildung 2	6
X	DE 197 15 487 A (SIEMENS AG) 22. Oktober 1998 (1998-10-22) das ganze Dokument	1,2
P, X	DE 198 18 068 A (SIEMENS AG) 28. Oktober 1999 (1999-10-28) das ganze Dokument	1,2



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. September 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/09/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl

Bevollmächtigter Bediensteter

INTERNATIONAL . RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01671

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 63260087 A	27-10-1988	KEINE	
DE 19715487 A	22-10-1998	WO 9847188 A EP 0976166 A	22-10-1998 02-02-2000
DE 19818068 A	28-10-1999	EP 0954037 A JP 11332259 A	03-11-1999 30-11-1999

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

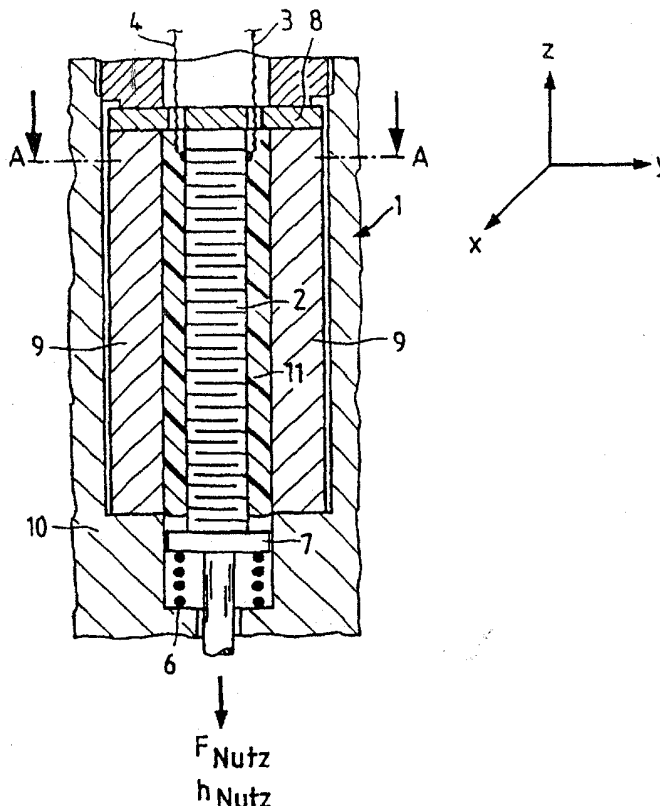
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79606 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/00 (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01671 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STOECKLEIN, Wolfgang [DE/DE]; Rotebuehlstrasse 118, D-70197 Stuttgart (DE). BOECKING, Friedrich [DE/DE]; Kahlhieb 34, D-70499 Stuttgart (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Mai 2000 (24.05.2000)
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, HU, JP, KR, US.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(30) Angaben zur Priorität: 199 28 185.8 19. Juni 1999 (19.06.1999) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE). Veröffentlicht:
— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator that comprises at least one piezoelectric element (2; 21; 31; 41, 42) that impinges an actuator with a tensile or pressure force. The piezoelectric actuator is further provided with stabilization elements (9; 22) that are mounted in parallel to the piezoelectric element (2; 21; 31; 41, 42) with a flexible intermediate layer (11) interposed between the elements. The piezoelectric element (2; 21; 31; 41, 42) and the stabilization elements (9; 22) have a larger length in their effective direction (z axis) compared to their width that runs transversal to the effective direction (x, y direction).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor vorgeschlagen, bei dem mindestens ein Piezoelement (2; 21; 31; 41, 42) zur Beaufschlagung eines Betätigungselements mit einer Zug- oder Druckkraft vorhanden ist. Es sind weiterhin Stabilisierungselemente (9; 22) angeordnet, die parallel zum Piezoelement (2; 21; 31; 41, 42) mit einer zwischen den Elementen liegenden flexiblen Zwischenschicht (11) angebracht sind. Das Piezoelement (2; 21; 31; 41, 42) und die Stabilisierungselemente (9; 22) weisen dabei eine in Wirkrichtung (z-Achse) grosse Länge im Verhältnis zu ihrer Breite quer zur Wirkrichtung (x, y-Richtung) auf.

WO 00/79606 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

PiezoaktorStand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt.

-2-

Bei der Positionierung von Ventilen werden die zuvor genannten Piezoaktoren häufig eingesetzt. Dabei ist hier unter anderem zu beachten, dass ihr Hubvermögen zur Betätigung, beispielsweise eines Ventilstößels, relativ klein ist, bei vergleichsweise großer Kraft. Zu einer Vergrößerung des Nutzhubes ist es deshalb zum Teil üblich eine mechanische oder hydraulische Wegübersetzung vorzusehen. Solche mechanischen oder hydraulischen Wegübersetzungssysteme bedeuten aber einen höheren Aufwand und damit höhere auch höhere Kosten.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor weist in vorteilhafter Weise mindestens ein Piezoelement auf, das zur Beaufschlagung eines Betätigungselements mit einer Zug- oder Druckkraft geeignet ist. Erfindungsgemäß sind Stabilisierungselemente vorhanden, die parallel zum Piezoelement mit einer zwischen den Elementen liegenden flexiblen Zwischenschicht angeordnet sind, wobei das Piezoelement und die Stabilisierungselemente eine in Wirkrichtung (z-Achse) große Länge im Verhältnis zu ihrer Breite quer zur Wirkrichtung (x,y-Richtung) aufweisen. Eine vorteilhafte Größenordnung wäre beispielsweise ein Verhältnis von Länge (z-Richtung) zu Breite (x,y-Richtung) in etwa von 5:1 bis zu 50:1.

Bei einer ersten vorteilhaften Ausführungsform sind die Stabilisierungselemente aus Stahl und zwischen einer im Gehäuse des Piezoaktors fest eingespannten Grund- oder Stützplatte und einer Fixierkante im Gehäuse gehalten. Das Gehäuse ist hier in der Regel ebenfalls aus Stahl hergestellt. Das Piezoelement ist dabei zwischen der Grundplatte und einem Federteller gehalten, der über eine

-3-

Vorspannfeder ebenfalls am Gehäuse anliegt und das Betätigungselement führt.

Mit der Erfindung ist auf einfache Weise ein langer schmaler Piezoaktor geschaffen, der mechanisch relativ unempfindlich, z.B. bei Vibrationen bei einer Anwendung im Motorraum eines Kraftfahrzeuges, ist. Durch den großen Hub aufgrund der langen schmalen Bauweise kann eine Hubübersetzung entfallen, wobei mit dem Piezoaktor prinzipiell Zug- oder Druckkräfte erzeugbar sind.

Dadurch, dass zwischen den Stabilisierungselementen und dem Piezoelement eine flexible Zwischenschicht, beispielsweise ein Kunststoff, wie ein Polymer oder ähnliches, angebracht ist, kann eine Längsbewegung, die eine Relativbewegung zwischen dem Piezoelement und dem Stabilisierungselement darstellt, zugelassen werden. Eine Schwingbewegung des Piezoelements in x- oder y-Richtung kann dabei jedoch vermieden werden. Es können somit auf einfache Weise Biegespannungen im Piezoelement verhindert werden, welche eventuell zur Zerstörung des Piezoaktors führen könnten.

Die zuvor erwähnte konkrete Ausführungsform liefert nach unten gerichtete Druckkräfte und ist nicht temperaturkompensiert. Bei einer zweiten Ausführungsform sind das Piezoelement und die Stabilisierungselemente aus Keramikmaterialien, die im wesentlichen den gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten aufweisen, so dass diese Ausführungsform temperaturkompensiert ist. Das Stabilisierungselement ist auch hier zwischen einer Grundplatte und einer Fixierkante im Gehäuse gehalten, wobei die Grundplatte jedoch über eine Feder am Gehäuse anliegt.

Das Stabilisierungselement ist bei der letztgenannten Ausführungsform mechanisch derart mit dem Piezoelement gekoppelt, dass die temperaturbedingte Dehnungen des Pie-

zoelements und der Stabilisierungselemente sich in Wirkrichtung derart aufheben, dass das Betätigungselement in seiner Lage verbleibt, also keine Nullpunktdrift auftritt. Das Piezoelement ist zwischen der Grundplatte und einem Federteller gehalten, der über eine Vorspannfeder ebenfalls am Gehäuse anliegt und das Betätigungselement führt. Hierbei muss die Kraft der Vorspannfeder wesentlich höher als die der Feder an der Grundplatte, so dass die unterschiedlichen Temperaturdehnungen zwischen dem Gehäuse und dem Material des Piezoelements über die Feder ausgeglichen werden. Zusätzliche Maßnahmen der Temperaturkompensation, wie bisher vielfach durch hydraulische Kopplung vorgesehen, sind hier nicht mehr nötig.

Das Piezoelement kann bei der Erfindung aus quer geschichteten Piezolagen aufgebaut sein und somit eine Druckkraft auf das Betätigungselement ausüben oder aus längs geschichteten Piezolagen aufgebaut sein und somit eine Zugkraft auf das Betätigungselement ausüben.

Bei weiteren vorteilhaften Ausführungsformen besteht das Stabilisierungselement aus jeweils senkrecht zum Schichtaufbau des Piezoelements liegenden Piezolagen, die in gleicher Weise mit einer Spannung angesteuert werden wie das Piezoelement. Mit diesen Ausführungsformen wird durch den zusätzlichen Hub der Stabilisierungselemente zusätzlich zur Temperaturkompensation auch noch der Nutzhub vergrößert. Die Kontaktierung des Piezolagen kann dabei in der Zwischenschicht liegen oder auch außerhalb.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind zwei Piezoelemente symmetrisch zu einem das Betätigungselement darstellenden Zugstab von der Zwischenschicht umgeben im Gehäuse des Piezoaktors angeordnet. Die Piezoelemente sind hier zwischen einer mit dem Zugstab verbundenen Stützplatte und einer Fixierkante im

-5-

Gehäuse gehalten und die Stützplatte liegt über eine Feder zur Vorspannung am Gehäuse an.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors in schmaler Bauweise, beispielsweise zur Positionierung eines Ventils, werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen nicht temperaturkompensierten Piezoaktor mit Stabilisierungselementen aus Stahl;

Figur 2 einen Detailschnitt entlang einer Schnittlinie A-A aus der Figur 1 mit einer ersten Kontaktierungsmöglichkeit des Piezoelements;

Figur 3 einen Detailschnitt entlang einer Schnittlinie A-A aus der Figur 1 mit einer zweiten Kontaktierungsmöglichkeit des Piezoelements;

Figur 4 einen Schnitt durch ein temperaturkompensiertes, quergeschichtetes Piezoelement des Piezoaktors mit einem Stabilisierungselement aus Keramik;

Figur 5 einen Schnitt durch ein temperaturkompensiertes längsgeschichtetes Piezoelements des Piezoaktors mit einem Stabilisierungselement aus Keramik;

Figur 6 einen Detailschnitt entlang einer Schnittlinie A-A aus der Figur 5 mit einer ersten Kontaktierungsmöglichkeit des Piezoelements;

Figur 7 einen Detailschnitt entlang einer Schnittlinie A-A aus der Figur 5 mit einer zweiten Kontaktierungsmöglichkeit des Piezoelements und

Figur 8 einen Schnitt durch einen nicht temperaturkompensierten Piezoaktor mit zwei Piezoelementen die beidseitig eines Zugstabes angeordnet sind.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der ein Piezoelement 2 aufweist, das in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Quarzmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Elektroden 3 und 4 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 in Form einer Kraft F_{nutz} erfolgt. Das Ausführungsbeispiel nach der Figur 1 ist nicht temperaturkompensiert und liefert eine Druckkraft F_{nutz} .

Das relativ lange und dünne Piezoelement 2 wird durch eine Vorspannfeder 6 und einen darüber angeordneten Federteller 7 am unteren Ende mit dem oberen Ende an eine Grund- oder Stützplatte 8 angedrückt. Die Stützplatte 8 wird mit beidseitig symmetrisch zum Piezoelement 2 angeordneten Stabilisierungselementen 9 verspannt, die sich oben und unten am Gehäuse 10 des Piezoaktors 1 abstützen. Zwischen den Stabilisierungselementen 9 und dem Piezoelement 2 befindet sich längs als Zwischenschicht 11 ein flexibler Kunststoff, z.B. Polymer. Die flexible Zwischenschicht 11 hat die Aufgabe, eine Längsbewegung, d.h.

-7-

die Relativbewegung zwischen dem Piezoelement 2 und den Stabilisierungselementen 9, zuzulassen, eine Schwingbewegung des Piezoelements in x- oder y-Richtung jedoch zu verhindern.

Aus Figuren 2 und 3 sind Möglichkeiten eines Anschlusses der Kontakte 3 und 4 des Piezoelements 2 angedeutet, der entweder in x- oder y-Richtung erfolgen kann und dabei entweder in der Zwischenschicht 11 oder auch außerhalb liegt.

Ein zweites Ausführungsbeispiel eines Piezoaktors 20 ist in Figur 4 gezeigt, wobei hier die gleich wirkenden Bauelemente mit den gleichen Bezugszeichen wie anhand der Figur 1 versehen sind. Bei der Anordnung nach der Figur 4 ist ein Piezoelement 21 und es sind Stabilisierungselemente 22 vorhanden, die aus einem Keramikwerkstoff mit annähernd gleichem Temperaturdehnungskoeffizienten wie das Piezoelement 21 hergestellt sind. Die Stützplatte 8 ist hier über eine Feder 23 im Gehäuse 10 vorgespannt, wobei die Vorspannkraft der Feder 23 dabei wesentlich höher sein muss als die der Vorspannfeder 6, damit die unterschiedlichen Temperaturdehnungen zwischen dem Gehäuse 10 und dem Piezoelement 21 über die Feder 23 ausgeglichen werden können. Auf die Feder 23 könnte aber auch verzichtet werden. Dann würde das Piezoelement 21 analog der Darstellung in Figur 1 durch die obere Stützplatte 8 und eventuell einer unteren Stützplatte zusammengehalten. Die obere Stützplatte 8 würde, wie in Figur 1, an einer Schulter des Gehäuses 10 anliegen. Die Feder 23 verhindert, dass das Stabilisierungselement 22 unter Zugspannung gelangt, die durch die Vorspannung des Piezoelements bedingt sein kann. Diese Vorspannung wird mit Hilfe der Feder 6 bewirkt.

Eine Betätigung des Piezoaktors 20 führt auch bei diesem Ausführungsbeispiel zu einer axialen Ausdehnung des Pie-

zoelements 21 und damit zu einer Druckkraft F_{nutz} gegen die Vorspannung der Vorspannfeder 6. Da auch hier das Piezoelement 21 und die Stabilisierungselemente 22 im wesentlichen den gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten aufweisen, führt die temperaturbedingte Dehnungen des Piezoelements 21 und des Stabilisierungselements 22 bei der vorgeschlagenen mechanischen Anbringung zu einer Aufhebung der Einflüsse der beiden Elemente 21 und 22 in Wirkrichtung. Somit kann das mit der Federplatte 7 des Piezoelements 21 verbundene Betätigungselement in seiner Lage verbleiben.

Ein drittes Ausführungsbeispiel eines Piezoaktors 30 ist in Figur 5 gezeigt, wobei auch hier die gleich wirkenden Bauelemente mit den gleichen Bezugszeichen wie anhand der Figur 1 oder 4 versehen sind. Bei der Anordnung nach der Figur 5 ist lediglich ein Piezoelement 31 im Unterschied zu der Anordnung nach der Figur 4 mit längsgeschichteten Piezolagen versehen. Eine Betätigung des Piezoaktors 30 führt bei diesem Ausführungsbeispiel zu einer axialen Verkürzung des Piezoelements 31 und damit zu einer auf das Betätigungselement wirkenden Zugkraft F_{nutz} .

Aus Figuren 6 und 7 sind hier ebenfalls Möglichkeiten eines Anschlusses der Kontakte 3 und 4 des Piezoelements 31 angedeutet, die mit entsprechend ausgerichteten Piezolagen auch entweder in x- oder y-Richtung erfolgen können und dabei entweder in der Zwischenschicht 11 oder auch außerhalb liegen.

Aus Figur 8 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Piezoaktors 40 ersichtlich, wobei auch hier die gleich wirkenden Bauelemente mit den gleichen Bezugszeichen wie anhand der Figur 1, 4 oder 5 versehen sind. Bei der Anordnung nach der Figur 8 sind zwei Piezoelemente 41 und 42 symmetrisch zu einem das Betätigungselement darstellenden Zugstab 43 angeordnet. Die Piezoelemente 41 und 42

und der Zugstab 43 sind von der Zwischenschicht 11 umgeben im Gehäuse 10 des Piezoaktors 40 angeordnet. Die Piezoelemente 41 und 42 sind hier außerdem zwischen einer mit dem Zugstab verbundenen Stützplatte 44 und über die Feder 23 an einer oberen Fixierkante im Gehäuse 10 und einer unteren Fixierkante im Gehäuse 10 gehalten. Diese Anordnung liefert als Kraft F_{nutz} eine Zugkraft und ist nicht temperaturkompensiert.

Patentansprüche

1) Piezoaktor, mit

- Mindestens einem Piezoelement (2;21;31;41,42) zur Beaufschlagung eines Betätigungselements mit einer Zug- oder Druckkraft und mit
- Stabilisierungselementen (9;22), die parallel zum Piezoelement (2;21;31;41,42) mit einer zwischen den Elementen liegenden flexiblen Zwischenschicht (11) angeordnet sind, wobei das Piezoelement (2;21;31;41,42) und die Stabilisierungselemente (9;22) eine in Wirkrichtung (z-Achse) große Länge im Verhältnis zu ihrer Breite quer zur Wirkrichtung (x,y-Richtung) aufweisen.

2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Verhältnis von Länge (z-Richtung) zu Breite (x,y-Richtung) in etwa 5:1 bis zu 50:1 beträgt.

-11-

3) Piezoaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Stabilisierungselemente (9) aus Stahl sind und zwischen einer im Gehäuse (10) des Piezoaktors (1) fest eingespannten Grund- oder Stützplatte (8) und einer Fixierkante im Gehäuse (10) gehalten ist und dass
- das Piezoelement (2;21;31;41,42) zwischen der Grundplatte (8) und einem Federteller (7) gehalten ist, der über eine Vorspannfeder (6) ebenfalls am Gehäuse (10) anliegt und das Betätigungselement führt.

4) Piezoaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (21;31) und die Stabilisierungselemente (22) aus Keramikmaterialien sind, die im wesentlichen den gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten aufweisen, wobei die Stabilisierungselemente (22) zwischen einer Grund- oder Stützplatte (8) und einer Fixierkante im Gehäuse (10) gehalten ist, dass
- das Piezoelement (21;31) zwischen der Grundplatte (8) und einem Federteller (7) gehalten ist, der über eine Vorspannfeder (6) ebenfalls am Gehäuse (10) anliegt und das Betätigungselement führt, wobei
- das Stabilisierungselement (22) mechanisch derart mit dem Piezoelement (21;31) gekoppelt ist, dass die temperaturbedingte Dehnungen des Piezoelements (21;31) und des Stabilisierungselements (22) sich in Wirkrichtung derart aufheben, dass das Betätigungselement in seiner Lage verbleibt.

-12-

5) Piezoaktor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Grundplatte (8) über eine Feder (23) am Gehäuse (10) anliegt.

6) Piezoaktor nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (21) aus quer geschichteten Piezolagen aufgebaut ist und somit eine Druckkraft auf das Betätigungselement ausübt.

7) Piezoaktor nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (31) aus längs geschichteten Piezolagen aufgebaut ist und somit eine Zugkraft auf das Betätigungselement ausübt.

8) Piezoaktor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Stabilisierungselement (22) aus jeweils senkrecht zum Schichtaufbau des Piezoelements (21;31) liegenden Piezolagen bestehen die in gleicher Weise mit einer Spannung angesteuert werden wie das Piezoelement (21;31).

9) Piezoaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- zwei Piezoelemente (41,42) symmetrisch zu einem das Betätigungselement darstellenden Zugstab (43) von der Zwischenschicht (11) umgeben im Gehäuse (10) des Piezoaktors (40) angeordnet sind, wobei

-13-

- die Piezoelemente (41,42) zwischen einer mit dem Zugstab (43) verbundenen Stützplatte (44) und einer Fixierkante im Gehäuse (10) gehalten sind und die Stützplatte (44) über eine Feder (23) am Gehäuse (10) anliegt.

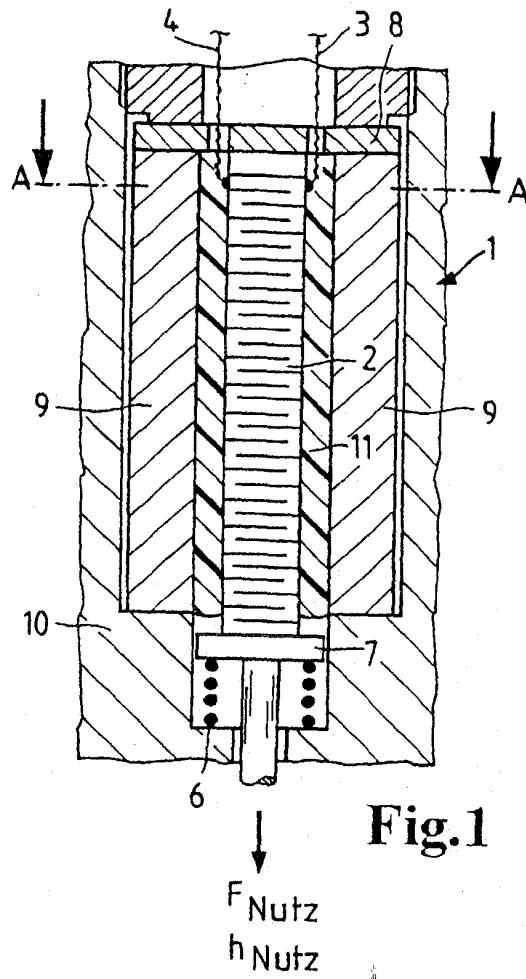


Fig. 1

1 / 2

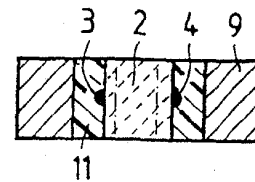
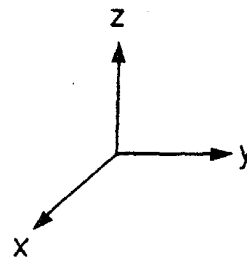


Fig. 2

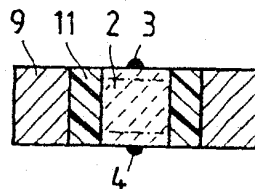


Fig. 3

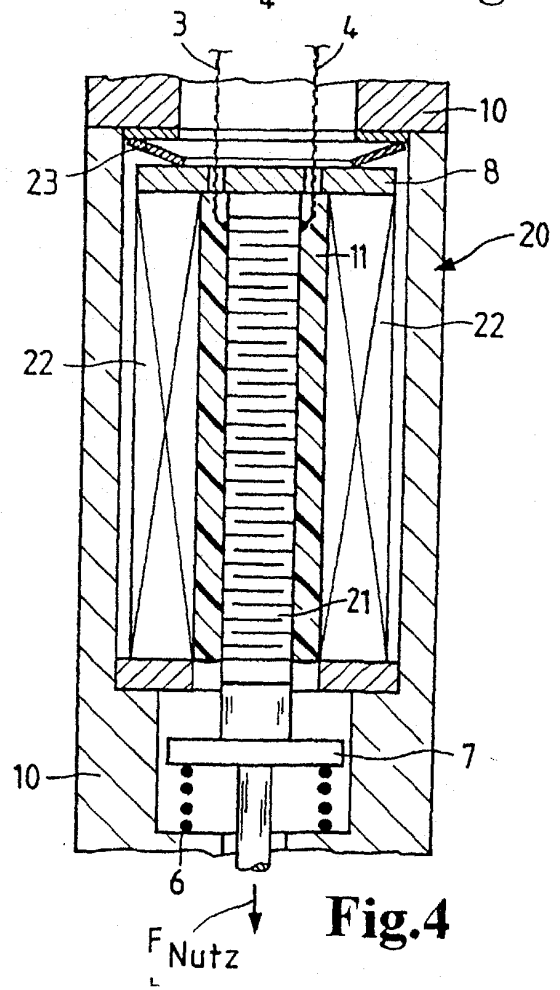


Fig. 4

2 / 2

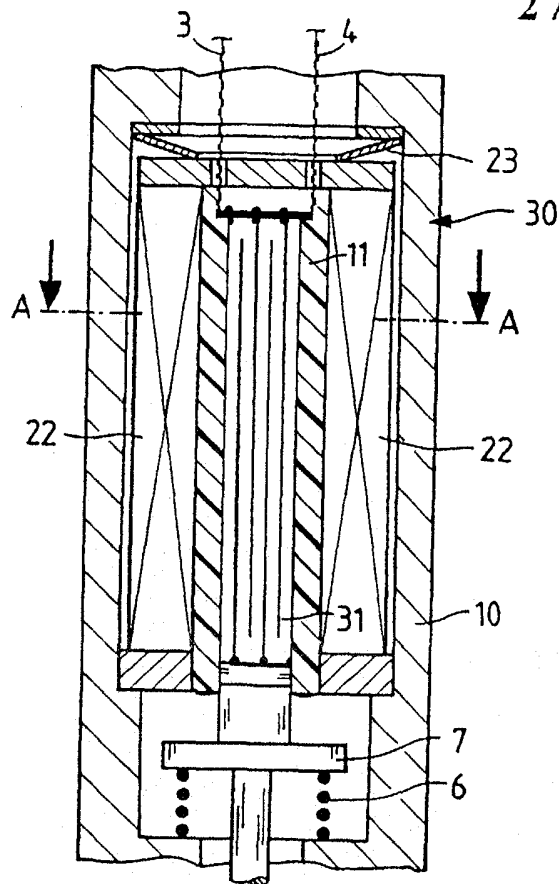


Fig. 5

F_{Nutz}
 h_{Nutz}

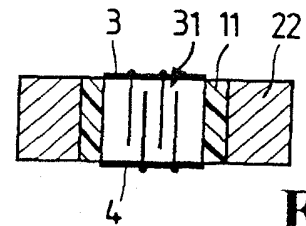


Fig. 6

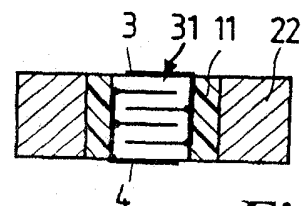


Fig. 7

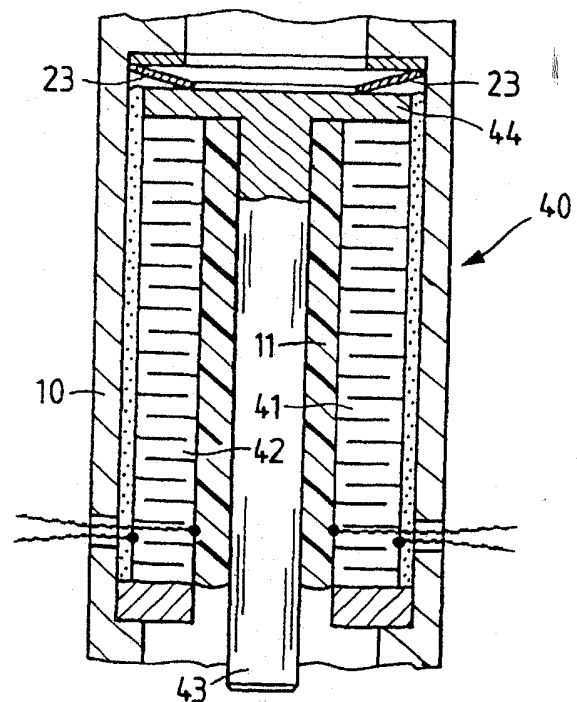


Fig. 8

F_{Nutz}
 h_{Nutz}